



## 人体は小さな化学プラント

Kiyotaka Sakai

# 酒井清孝

早稲田大学 名誉教授

公益財団法人 松籟科学技術振興財団理事

化学工学の専門家として長く人工臓器の研究に取り組んだ酒井清孝氏。

「化学工学と人工臓器は関係ない」という批判にさらされても、決して研究をやめなかった。「信念と使命感があったから続けられた」という酒井氏は当時を振り返り、「研究者として私の道は間違っていなかった」と述懐する。

### 化学工学を学ぶ

私が学生のときのことで、もう50年以上前のことになります。その頃は重化学工業が花形産業で、各所に化学プラントが建設されました。そうした化学プラントの設計や操作について研究するのが、化学工学です。学生だった私も、化学工学を専攻していました。

ただ私はその後、勤務した早稲田大学理工学部で人工臓器の研究を始めました。当時、人工臓器の分野では人工心臓が注目されていましたが、

私が研究したのは主に血液浄化器、つまり人工腎臓です。

この頃日本では、新しい素材による血液透析膜が次々と開発されました。中空糸型透析器が市販されたのは1968年で、これにより透析性能は飛躍的に向上しました。私はそれ以前から医学に関心があり、学術論文や解説記事などにも目を通していました。そして化学によって開発された新しい材料や、化学工学の膜分離や吸着の技術が応用できることを知り、人工臓器の研究に取り組むようになったのです。

人の身体は小さな化学プラントにたとえられます。心臓は血液を送るポンプ、血管は血液を輸送する配管、肺は生体膜を介したガスの吸収・放散装置、胃腸や肝臓は物質の吸収・分解や合成を行う反応装置、そして腎臓は体内の老廃物と過剰な水などを排泄するろ過装置で、脳や神経系はそれらの装置がきちんと動くようにコントロールしている集中制御装置という具合です。

したがって機能が低下した生体臓器の代行をする人工臓器の設計や開発に、化学プラントの設計や操作の専門的な知見を持つ化学工学の研究者が携わるのは、理にかなっていることだと思います。

### そんな研究はやめなさい

しかし、学問の世界ではそうしたことはなかなか理解されませんでした。人工臓器の研究を始めて数年後の1970年代半ば、化学工学会で研究発表を行いました。私のグループの仲間と他大学の座長以外はひとりも出席していませんでした。化学工学会の研究者たちは、人工臓器に全く関心を示さなかったのです。



化学工学と人工臓器はどんな関係があるのか——。私たちに対してしばしば、そんな批判めいた言葉が投げかけられました。

化学工学と関係のないそんな研究はやめなさい——。私は恩師からもそう面罵されました。

そういう状況が10年近く続いたと思います。でも私は人工臓器の研究をやめませんでした。

化学工学会で発表した数年後に、今度は日本人工臓器学会で研究成果を発表する機会がありました。この学会は医師の方々が中心で、私にとってはいわばアウェーでしたから、そこで発表することには勇気が必要でした。ところがこの学会では多くの出席者が熱心に私の発表を聞いてくださり、質問も数多く受けました。そして私は、私たちの研究成果を必要としている患者さんたちがいることを実感し、医師ではない私たちの力で救える命があることを知りました。この経験があったから、私は悔しい思いを堪えながら研究を続けることができたのだと思います。

その頃、医師の方からこんなことを言われました。

「君たちはいいな、研究に見込みがないと分かればやめればいいのだから。私たち医師は、もう見込みのな

い患者でも最後まで努力を続けたいいけない。負けると分かっている仕事でもやらないといけないんだよ」

## やめないでよかった

企業の研究者は、短期間で結果を出すことを求められ、見込みがないと判断されれば予算を切られ、研究開発をやめざるを得ません。しかし大学は違います。特に化学研究の場合、失敗の連続が当たり前ですが、それでも研究を続けることができます。恵まれた環境だと思います。だから、たとえ失敗の連続であっても、自分が選んだテーマの研究は続けるべきです。

私は今、振り返り、人工臓器の研究をやめないでよかったと本当に思います。人工臓器の研究は化学工学そのものなのだという信念がありましたし、研究自体とても面白かったから、周りからどう言われようと続けることができたのです。

しかし一方で私は、自分の研究を断念するという経験もしてきました。透析治療の自動化を目指して挑戦したときのことです。私は、透析液の溶質濃度を測定することにより、血液の溶質濃度を数理的に知ることのできるWADIC (Waseda Automatic Dialysis Controller) の開発に取り組んでいました。人工すい臓は、血糖値を測ってインスリンの量をコントロールします。そこに着想を得て、同じことを腎臓でもできないかと考えたのです。

しかし、分子の小さな尿素とかクレアチニンなどは分析しやすいのですが、大きな分子のものになると分析に相当な時間を要しました。予算的にも厳しい面があり、自分たちの研究室だけで研究を続けるには荷が重すぎました。結果として、断念せざるを得なくなったのです。もちろん

葛藤はありました。まさに苦渋の決断でした。しかし今、考えても、もう限界だったと思います。

研究を長い間続けていれば、その間にいろいろ新しいネタが出てきます。それらをすべて研究テーマに取り込むことはできません。どこかで取捨選択しなければならない局面が出てくるものです。将来を見据えて判断し、ときには見切りをつけることも必要です。それができずに時間を空費してしまえば、他の研究にもいい影響を与えないでしょう。

## 研究者の作法

人工臓器の研究をやめろとおっしゃった先生以外にも、私には何人かの恩師がいました。そうした恩師の先生方がおっしゃったいくつかの言葉を、私は大事にしてきました。

ある先生は、地道な研究をしない者はダメだとおっしゃっていました。何か脚光を浴びているテーマがあると、自分の研究テーマとはズレているのにそちらへ行ってしまう。そういう態度は研究者としてみっともない。これだという信念を持って自分の道を進めと、その先生はよくおっしゃっていました。私はそうしてきましたつもりです。

別の恩師は、締め切りは必ず守れといつもおっしゃっていました。学生を指導するときも、たとえレポートの内容がよくても締め切りを守らなかったら評価するなと強く言われました。私はこの言葉も実践してきました。

私自身は、学生に対し、仕事はすぐやいなさいといつも言っていました。課題を出すと、締め切りの間際になってようやく始める学生がいましたが、それではいい仕事ができるはずはありません。早く取り掛かり、早く終わればストレスからも早く解



## 知力を鍛え、信念を持ち、これだ というテーマを見つけたら何度失敗しても 諦めずに必死で食らいつく。

さかい・きよたか 1941年、東京都出身。早稲田大学大学院理工学研究科応用化学専攻博士課程修了（工学博士）（城塚正教授指導）。  
静岡大学工学部助教授、早稲田大学理工学部応用化学科助教授を経て1978年、同大教授に就任。現在、同大名誉教授、東京電機大学工学部応用化学科非常勤講師。  
クリーブランドクリニック人工臓器研究所客員教授、テキサス大学客員教授、東京大学非常勤講師などを歴任。公益財団法人 松籟科学技術振興財団理事、  
第34回日本人工臓器学会大会長、日本人工臓器学会名誉会長なども務める。夫人とともに愛車を駆ってドライブするのが趣味。

放されますし、時間に余裕がありませんから、書いたものもじっくり推敲することができます。

要は、アカデミックな研究者にもそれなりの作法がある、ということです。

### 勉強と研究は全く逆の行為

かつて人工臓器は、移植医療が実現するまでのつなぎ役だとみられていた時期がありました。けれども日本ではドナーが少なく、欧米のような生体移植の広がりはありません。一方でこの間、人工腎臓は着実な進歩を遂げてきました。慢性腎不全に

なりながら人工透析で40年以上、生存している患者さんもいます。

再生医療の登場により、人工臓器は影が薄くなったという人もいます。しかし、細胞から再生した平たい布のようなものを心臓に貼ったりすることはできるでしょうが、3次元の臓器を再生させるのは難しいのではないのでしょうか。できるとしてもまだ相当な時間がかかるでしょう。それまではやはり人工臓器の研究は必要ですし、社会的な意義も歴史的な使命もまだ終わっていないと思います。

勉強というのは、すでに確立されている知識を身に付ける受動的な行為です。それに対して研究とは、ま

だ確立されていない知見を見つけ出し、自分で確立する能動的な行為です。その意味で勉強と研究は全く逆の行為だと言えます。勉強はできても研究では成果を上げられない人がいるのはそのためです。研究に必要なのは、自分で考える知力、知恵です。知力を鍛えるには、若いときに社会に出てさまざまな人とコミュニケーションすることが役立ちます。

知力を鍛え、信念を持ち、これだというテーマを見つけたら何度失敗しても諦めずに必死で食らいつくように研究する。いつの時代も新しい世界を切り開くのは、そういう研究者なのです。